

$A$  – константа, описывающая интенсивность разбавления меченой жидкости при ее перемещении в горных породах (в расчетах принимается равной 0,02 м), м;

$C_{\min}$  – чувствительность прибора (минимальная концентрация трассера в воде, которая четко фиксируется применяемым методом регистрации и аппаратурой), кг/м<sup>3</sup>.

Стоит отметить, что оценка массы индикатора по формуле (1) не позволяет в полной мере учесть разбавление трассера в пласте. Более точную оценку массы трассера рекомендуется вычислять по формуле, предложенной Курочкиным В.И. и Санниковым В.А. [2]:

$$M_0 = 8mhL^2 \cdot C_{\min} \quad (2)$$

Современные трассерные исследования в практике недропользователей являются одним из эффективных гидродинамических методов контроля разработки нефтяных месторождений. Активно используется применение комплексной технологии трассерных исследований, которая характеризуется высокой помехоустойчивостью, точностью, безопасностью. Современные трассеры являются высокодисперсными ярко флюоресцирующими суспензиями, которые не растворяются в наблюдаемой среде, нетоксичны, обладают устойчивостью к появлению различных агрессивных факторов, возникающих в пласте, и могут быть обнаружены в любых средах [3]. Восприимчивость комплексного трассерного метода не хуже, чем метод радиоизотопов. В ходе одного исследования можно закачивать несколько (до 7) различающихся по цвету трассеров, это позволяет расширить масштаб возможностей метода, а также экономить время и средства. В качестве примера можно привести компанию ОАО «СК Черногорнефтеотдача», которая занимается проведением трассерных исследований при решении поставленных заказчиком задач. Такие исследования были проведены, (до и после геолого-технических мероприятий), на Самотлорском месторождении, которые показали, что прерогативное движение трассера напрямую сопряжено с дизъюнктивными нарушениями, тем самым, было уточнено геологическое строение в данном районе. Специалисты компании пришли к выводу, что создание избыточных перепадов давления при разработке залежей, а также наличие и формирование глубоки депрессий приводит к размыву слабосцементированных и рыхлых пород, и выносу их из пласта, что приводит к значительному росту объема каналов с низким фильтрационным сопротивлением [3].

Дальнейшее усовершенствование методики проведения трассерных исследований приведет к их широкому распространению, что позволит наиболее эффективно проводить поисковые и разведочные работы и регулировать процесс разработки нефтяных месторождений.

#### Литература

1. Данилова Е.А., Чернокожев Д.А. Применение компьютерной технологии экспресс-анализа и интерпретации результатов трассерных исследований для определения качества выработки нефтяных пластов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ogbus.ru/authors/Danilova/Danilova\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Danilova/Danilova_1.pdf), свободный.
2. Методическое руководство по приемке, анализу и систематизации результатов трассерных исследований в организациях Группы «ЛУКОЙЛ». Редакция 1.0 – М., ОАО «ЛУКОЙЛ», 2012г.
3. Совершенствование технологии индикаторных исследований для оценки фильтрационной неоднородности межскважинного пространства нефтяных пластов: диссертация / Д.А. Чернокожев. – Дубна, 2008. – 29 с.
4. Технологии разработки многопластовых месторождений с разрывными нарушениями: монография /Н.Р. Кривова. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 96 с.

### **СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ ТРАССЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**Т.В. Бондаренко**

Научный руководитель - старший преподаватель Ю.А. Максимова

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Основной целью недропользователей является повышение точности выработки нефтяных пластов и увеличение количества извлекаемой продукции. Из-за широкоиспользуемой технологии заводнения подвергается нарушению гидрогеологическое состояние пласта, образуются каналы с аномально низким фильтрационным сопротивлением, что является причиной неполной выработки объекта разработки. Преодолеть сложившиеся трудности можно посредством получения и интерпретации точной информации о перемещении пластовых флюидов во времени и пространстве, о состоянии гидродинамических связей, информации о скоростях и направлении движения пластовой жидкости. Решение данной проблемы осуществляется с помощью трассерных методов.

Результаты проведенных исследований позволяют провести анализ данных скоростей движения и выноса трассера из добывающих скважин, оценить гидродинамическую связь между нагнетательными и добывающими скважинами, построение и анализ карт распределения и путей перемещения индикатора к добывающим скважинам и карт воздействия нагнетательных скважин на добывающие [3].

Проведение трассерных исследований делится на несколько этапов [5]:

1. Сбор и анализ информации объекта, подбор контрольных нагнетательных и добывающих скважин;
2. Подготовка к промысловой части. Выбор трассера, обоснование объемов закачки и периодичности отбора проб. Закачка трассера;
3. Отбор проб жидкости с дальнейшими лабораторными исследованиями. Интерпретация полученных результатов.

На первом этапе анализируется весь фонд скважин потенциального исследуемого объекта, заодно рассматривается информация о бурении скважин, о случившихся аварийных ситуациях при их сооружении, данные об осуществлении капитального ремонта скважин, материалы геофизических исследований скважин за весь период их эксплуатации. При недостатке сведений о текущем состоянии дополнительно проводят геофизические исследования. Контрольные скважины должны обладать хорошим контактом с пластом, целесообразно наличие вскрытия всех проницаемых надпродуктивных пропластков. В результате подбираются одна или несколько скважин, по которым будут вестись замеры. Составляется заключение о текущем состоянии этих скважин, намечается порядок проведения работ по исследованию [5].

Второй этап работ определяется подбором индикатора для использования его в качестве трассера, а также обоснование объема закачиваемого индикатора и периодичности отбора проб жидкости после чего трассеры закачиваются в выбранные нагнетательные скважины. Для этого необходимо брать в расчет специфические условия проведения работ. При движении индикатора его начальная концентрация разбавляется, контактируя с пластовой жидкостью и с большой площадью поверхности горных пород, содержащих большое число сильных сорбентов, солей, а также веществ, способных реагировать с трассерами [1].

Продолжительность исследований выбирается равной времени поступления трассера в пласт с концентрацией, равной половине максимальной концентрации после его прохождения. Полученный промежуток времени является минимальным для получения оценки фильтрационных параметров пласта. Для большей точности данных данный продолжительность увеличивают на 30-40 % для учета степени неоднородности исследуемого объекта разработки. Если необходимо лишь определение гидродинамической связи между скважинами, то рассчитанное время может быть сокращено вдвое [3].

Частота отбора проб зависит от решаемой задачи. Если необходимо только определение гидродинамических связей, то ставится задача «не пропустить» трассер. Если же нужно определить значения фильтрационных параметров пласта, то частота отбора проб резко увеличивается, так как помимо определения появления трассера, необходимо отследить особенности кривой «Концентрация трассера – Время».

После всех проведенных процедур подобранные трассеры закачиваются в выбранные нагнетательные скважины для дальнейшего отбора проб и интерпретации полученных результатов.

Третий этап заключается в периодичном отборе проб жидкости для нахождения трассера и интерпретации данных на основе извлеченных проб [5].

Основой для использования полученных во время исследований результатов является анализ основных параметров трассирования фильтрационных потоков: объем, проницаемость и производительность каналов тока, а также активность трассируемых фильтрационных зон пласта – доля воды, перемещающаяся по каналам от общего объема воды, добываемой скважиной [2].

Масштаб изменения первых трех параметров говорит о неоднородности исследуемой части пласта между нагнетательной и определенной добывающей скважинами. Суммы значений объемов и производительностей каналов, а также распределение спектров их проницаемости по отдельным добывающим скважинам описывает изменение фильтрационно-емкостной неоднородности по площади пласта между скважинами.

Проницаемость фильтрационных каналов является показателем фильтрационной неоднородности трассируемых зон пласта. На основе полученных значений по каждой скважине определяется спектр изменения проницаемости линий тока, также строится график проницаемостей, отражающий доли вынесенного трассера по каждому фильтрационному каналу.

Объем фильтрационных каналов относят к емкостному параметру трассируемых зон пласта как по отдельной скважине, так и по всему участку исследований. Различия в полученных данных говорят о наличии и характеристике емкостной неоднородности по различным векторам от нагнетательной скважины.

Производительность фильтрационных каналов представляет собой объемы воды, перемещаемые по линиям тока в единицу времени. Отличные значения этого показателя говорят о прерывистости перемещения воды по трассируемым участкам пласта по разным сторонам от нагнетательных скважин как для отдельной добывающей скважины, так и для всего участка в целом.

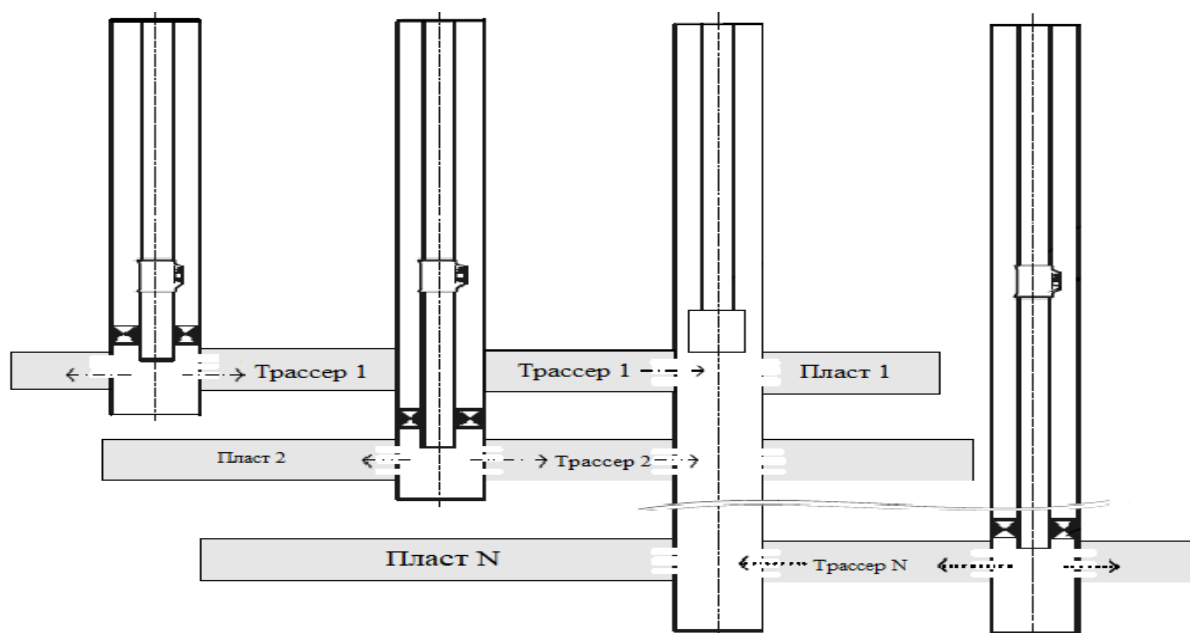
Активность трассируемых фильтрационных зон пласта, то есть доля воды, поступающей по трассируемым каналам, от объема воды в скважине является основным базовым параметром, который показывает степень влияния трассируемых частей пласта на обводнение добывающих скважин.

Выделяют следующие характеристики активности трассируемых зон пласта и диапазоны изменения значений [2]:

- до 1 % – отсутствие влияния или малая активность трассируемых зон пласта;
- от 1 до 5 % – незначительная активность и влияние на обводнение скважин;
- от 5 до 20 % – значительная активность и влияние на обводнение скважин;
- более 20 % – сильная активность и влияние на обводнение скважин.

В случае значительного влияния трассируемых зон пласта на обводненность скважинной продукции необходимо обеспечить наблюдение за их развитием в процессе разработки. При увеличении значения обводненности требуется повторное проведение трассерных исследований, чтобы убедиться в необходимости проведении мер по ограничению водопритоков и совершенствованию системы разработки.

Современное положение проведения трассерных исследований характеризуется возможностью одновременной закачки нескольких трассеров, имеющих различные цвета флуоресценции, в разные пласты, что позволяет создать более подробную картину о передвижении жидкости по фильтрационным потокам, что дает возможность эффективно подбирать геолого-технические мероприятия и производить контроль за разработкой нефтяных месторождений. Пример такой схемы представлен на рисунке.



**Рис. Одновременное нагнетание нескольких трассирующих агентов [4]**

Подход к проведению трассерных исследований во многом определяет дальнейший процесс разработки месторождения, возможность доизвлечь нефть из участков, не охваченных разработкой, скорректировать систему заводнения, принять меры по снижению обводненности скважинной продукции. Поэтому необходимо на основе производственного опыта и развития научно-технического прогресса совершенствовать методику проведения трассерных исследований для эффективной разработки нефтяных месторождений.

#### Литература

1. Данилова Е.А., Чернокожев Д.А. Применение компьютерной технологии экспресс-анализа и интерпретации результатов трассерных исследований для определения качества выработки нефтяных пластов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.ogbus.ru/authors/Danilova/Danilova\\_1.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Danilova/Danilova_1.pdf), свободный.
2. Методическое руководство по приемке, анализу и систематизации результатов трассерных исследований в организациях Группы «ЛУКОЙЛ». Редакция 1.0 – М., ОАО «ЛУКОЙЛ», 2012г.
3. Совершенствование технологии индикаторных исследований для оценки фильтрационной неоднородности межскважинного пространства нефтяных пластов: диссертация / Д. А. Чернокожев. – Дубна, 2008. – 29 с.
4. Технологии разработки многопластовых месторождений с разрывными нарушениями: монография / Н.Р. Кривова. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. – 96 с.
5. Технология диагностики герметичности заколонной крепи скважин на месторождениях и подземных хранилищах газа / С. Б. Бекетов. – Ставрополь, 2003. – С. 38–42.